

**PERENCANAAN GEDUNG MALL
5 LANTAI (+ 1 *BASEMENT*) DI SURAKARTA
DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh :

MOHAMMAD AVIF NOVA SOFIANTO

NIM: D100 130 017

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PERENCANAAN GEDUNG MALL
5 LANTAI (+ 1 BASEMENT) DI SURAKARTA
DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:



MOHAMMAD AVIF NOVA SOFIANTO

NIM: D100 130 017

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Budi Setiawan S.T., M.T.

NIK: 785

HALAMAN PENGESAHAN

**PERENCANAAN GEDUNG MALL 5 LANTAI (+ 1 BASEMENT)
DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
DI SURAKARTA**

**OLEH
MOHAMMAD AVIF NOVA SOFIANTO**

NIM: D100 130 017

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari ~~Senin~~ 3, 4, 5, Oktober 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Budi Setiawan, S.T., M.T.
(Pembimbing Utama) | (.....)
NIK : 785 |
| 2. Ir. Ali Asroni, M.T.
(Anggota 1 Dewan Penguji) | (.....)
NIK : 484 |
| 3. Yenny Nurchasannah, S.T., M.T.
(Anggota 2 Dewan Penguji) | (.....)
NIK : 921 |

Dekan Fakultas Teknik,



Dr. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D
NIK : 733

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25.02.2020

Yang menyatakan :

Penulis



Mohammad Avif Nova Sofianto
NIM : D100130017

PERENCANAAN GEDUNG MALL 5 LANTAI (+ 1 BASEMENT) DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DI SURAKARTA

Abstrak

Kota Surakarta atau yang biasa disebut Solo adalah salah satu kota besar di Indonesia dengan perkembangan ekonomi yang cukup pesat. Hal ini memicu para pengembang membuka beberapa pusat perbelanjaan di kota Surakarta untuk pengembangan bisnis mereka. Bangunan pusat perbelanjaan adalah bangunan dengan kategori cukup vital. Aspek teknis yang sering digunakan adalah SNI Indonesia rilis terbaru. Bangunan pusat perbelanjaan ini direncanakan dengan rangka beton bertulang dengan sistem SRPMM. Aspek teknis berpedoman pada SNI 1726:2012, SNI 2847:2013, SNI 1727:2013 dan SNI 1729:2002. Mutu bahan yang digunakan adalah beton (f'_c) = 25 MPa, tulangan polos BJTP 24 (begel), tulangan polos BJTP 30, dan tulangan *deform* BJTD 35. Sedangkan rangka atap dengan baja profil BJ41. Karena gedung berlokasi di Surakarta dengan $S_s = 0,749$ dan $S_1 = 0,314$ maka gedung berada di wilayah gempa tinggi. Dan berdasarkan data N-SPT dari *boring test*, gedung berlokasi pada situs tanah sedang. Analisa mekanika struktur dengan bantuan *software "SAP2000"*. Perencanaan terdiri dari struktur atap, dan beton bertulang (plat lantai, tangga, balok, *sloof*, kolom dinding penahan dan fondasi). Rangka atap didesain dengan kuda-kuda tipe *truss* dengan baja profil pipa *hollow*. Plat beton atap dan bangunan digunakan ketebalan 120 mm dan 200 mm pada lantai *basement*. Pada plat lantai atap dipakai tulangan D10 dan D8, plat lantai bangunan dipakai tulangan D13 dan D8, plat lantai *basement* dipakai tulangan D16 dan D10, plat tangga dipakai tulangan D13 dan D8. Dimensi balok induk yang dipakai antara lain 400/600 mm, 450/700 mm, dan 450/750 mm dengan tulangan D22 dan Ø10. Dimensi balok anak yang dipakai 250/500 mm dengan tulangan D22 dan Ø8. Dimensi *sloof* yang dipakai antara lain 400/600 mm dengan tulangan D22 dan Ø8. Dimensi kolom yang dipakai antara lain 650/650 mm dan 750/750 mm dengan tulangan D25 dan Ø10. Dinding penahan yang dipakai adalah tipe kantilever dengan tulangan D22, D19, D16, dan D13. Fondasi dengan tiang pancang persegi PT WIKA BETON ukuran 400/400 mm. *Pile cap* dipakai ketebalan 1000 mm dengan ukuran antara lain 2000 x 2000 mm, 2500 x 2500 mm, dan 3000 x 3000 mm dengan tulangan *deform* D22 dan D19.

Kata kunci : rekayasa struktur, beton bertulang, SRPMM, perancangan

Abstract

Surakarta City or commonly called Solo is one of the major cities in Indonesia with fairly rapid economic development. This triggered the developers to open several shopping centers in the city of Surakarta for the development of their business. But in the construction of shopping center buildings must be accompanied by the correct technical aspects, because shopping center buildings are buildings with quite vital categories. The technical aspect that is often used is the latest Indonesian SNI. This shopping center building is

planned with reinforced concrete frame with SRPMM system. Technical aspects are guided by SNI 1726: 2012, SNI 2847: 2013, SNI 1727: 2013 and SNI 1729: 2002. The quality of the material used is concrete (f'_c) = 25 MPa, plain reinforcement of BJTP 24 (ties), plain reinforcement of BJTP 30, and deform reinforcement of BJTD 35. The roof truss with steel profile BJ41. Because the building is located in Surakarta with $S_s = 0.749$ and $S_1 = 0.314$, the building is in a high earthquake probability. And based on N-SPT data from the boring test, the building is located on a medium soil site. Analysis of structural mechanics with the help of software "SAP2000". Planning consists of a roof structure, and repeated concrete (slab, roof, floor, sloof, retaining wall column and ceiling). The roof truss is designed with hollow pipe steel profiles. Roof and building concrete slabs are used in thickness of 120 mm and 200 mm on the basement floor. On the roof floor plate D10 and D8 reinforcement, main floor plate using D13 and D8 reinforcement, basement floor plate D16 and D10 reinforcement, D13 and D8 reinforcement. The dimensions of the main beam are used 400/600 mm, 450/700 mm, and 450/750 mm with reinforcement D22 and Ø10. Dimensions of beams are used 250/500 mm with reinforcement D22 and Ø8. Sloof dimensions used include 400/600 mm with reinforcement D22 and Ø8. Column dimensions are used 650/650 mm and 750/750 mm with reinforcement D25 and Ø10. Retaining wall used is a cantilever type with reinforcement D22, D19, D16, and D13. Foundation using product of PT WIKA CONCRETE piles of 400/400 mm size. Pile caps are used in thickness of 1000 mm with sizes including 2000 x 2000 mm, 2500 x 2500 mm, and 3000 x 3000 mm with deform reinforcement of D22 and D19.

Keywords: structural engineering, reinforced concrete, SRPMM, design

1. PENDAHULUAN

Kota Surakarta disebut juga Solo adalah wilayah otonom dengan status kota di bawah Provinsi Jawa Tengah dengan penduduk yang cukup padat. Kota ini juga merupakan kota terbesar ketiga di pulau Jawa bagian selatan setelah Bandung dan Malang menurut jumlah penduduk. Kota ini juga termasuk kota dengan laju pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat. Hal ini dipengaruhi banyak sektor, salah satunya oleh sektor bisnis dan perdagangan.

Berkembang pesatnya sektor bisnis dan perdagangan di kota Surakarta juga diimbangi gaya hidup masyarakat perkotaan yang cenderung konsumtif, menarik minat banyak pengembang dari dalam maupun luar negeri mendirikan pusat perbelanjaan atau *mall* di kota Surakarta. Dari permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka akan dirancang sebuah struktur gedung mall 5 lantai dan 1 *basement* dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) di wilayah Surakarta berpedoman pada aspek teknis yang tertera pada SNI terbaru.

2. METODE

Data yang digunakan dalam perencanaan gedung perkantoran adalah sebagai berikut:

- 1). Bangunan yang dirancang adalah gedung pusat perbelanjaan 5 lantai dan 1 *basement* dengan beton bertulang dengan desain portal Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
- 2). Perancangan meliputi analisa struktur atap (*truss frame*) dan beton bertulang (plat lantai, tangga, dinding penahan, balok, sloof, kolom, dan pondasi).
- 3). Spesifikasi beton bertulang :
 - a). Mutu beton $f'_c = 25$ MPa.
 - b). Mutu baja $f_y = 350$ MPa. (BJTD 35)
 - c). Mutu baja $f_y = 300$ MPa. (BJTD 30)
 - d). Mutu baja $f_{yt} = 240$ MPa. (BJTP 24)
- 4). Spesifikasi baja profil :
 - a). Kuda-kuda digunakan baja profil pipa *hollow* BJ 37.
 - b). Gording digunakan baja profil *lip channel* BJ 37.
 - c). Digunakan alat sambung las elektroda E⁷⁰.
- 5). Bangunan berada di wilayah Surakarta dengan kategori wilayah gempa tinggi.
- 6). Tebal plat beton atap dan bangunan 12 cm dan plat *basement* 20 cm. Dimensi balok induk 400/600 mm, 450/700 mm, dan 450/700 mm, balok anak 250/500 mm, *sloof* 400/600 mm dan 450/700 mm. Dimensi kolom 650/650 mm dan 750/750 mm.
- 7). Tanah keras pada kedalaman $\pm 18,00$ m.
- 8). Pondasi menggunakan pondasi tiang pancang PT WIKA BETON.
- 9). Analisa struktur memakai bantuan program “SAP 2000” dan “Microsoft Excel”.

Tahapan penelitian dibagi menjadi tujuh tahapan, yaitu :

Tahap I : Pengumpulan data.

Tahap II : Perencanaan rangka atap.

Tahap III : Perencanaan plat lantai, tangga, dan dinding penahan.

Tahap IV : Perencanaan balok dan kolom.

Tahap V : Perencanaan fondasi dan *sloof*.

Tahap VI : Pembuatan gambar detail.

Tahap VII : Selesai.

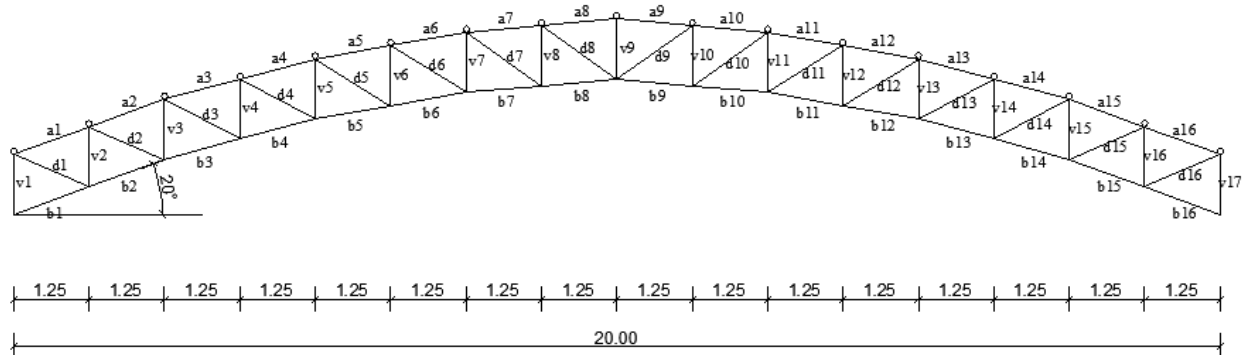
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perencanaan Rangka Atap

Hasil perhitungan struktur atap diperoleh :

- 1). Gording yang digunakan baja profil *lip channel* C 100x50x20x3,2 dengan sagrod Ø10 mm.
- 2). Kuda-kuda *truss frame* dipakai baja profil pipa *hollow* dengan ukuran antara lain :
 - a). Profil pipa *hollow* 114,3x3,6 untuk batang atas dan bawah.
 - b). Profil pipa *hollow* 60,5x3,2 untuk batang diagonal.
 - c). Profil pipa *hollow* 76,3x3,2 untuk batang vertikal.
- 3). Dipakai alat sambung las E⁷⁰ tebal 5 mm.

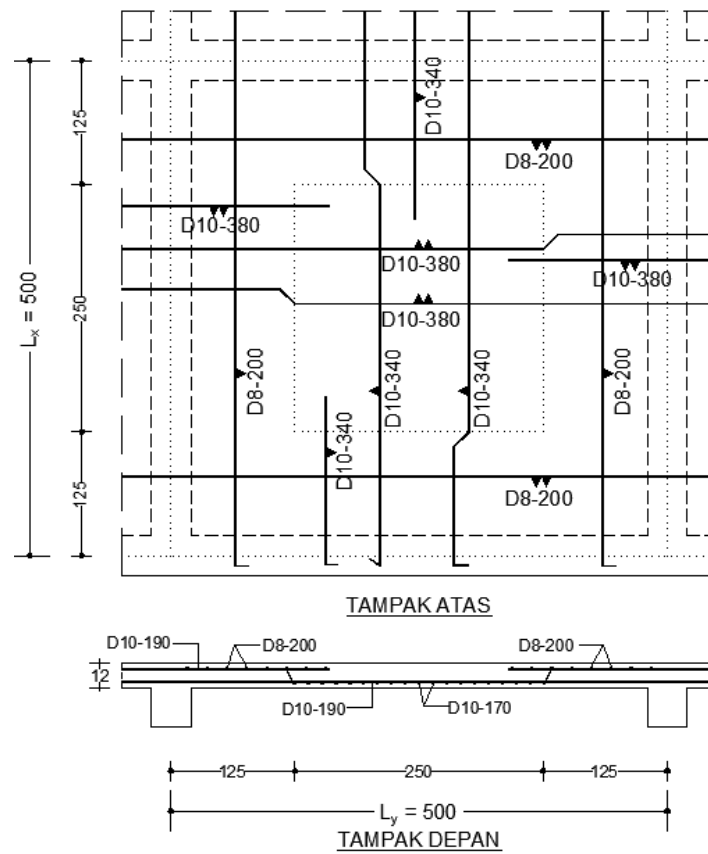
Detail gambar rangka atap *truss frame* dapat dilihat pada Gambar 1.



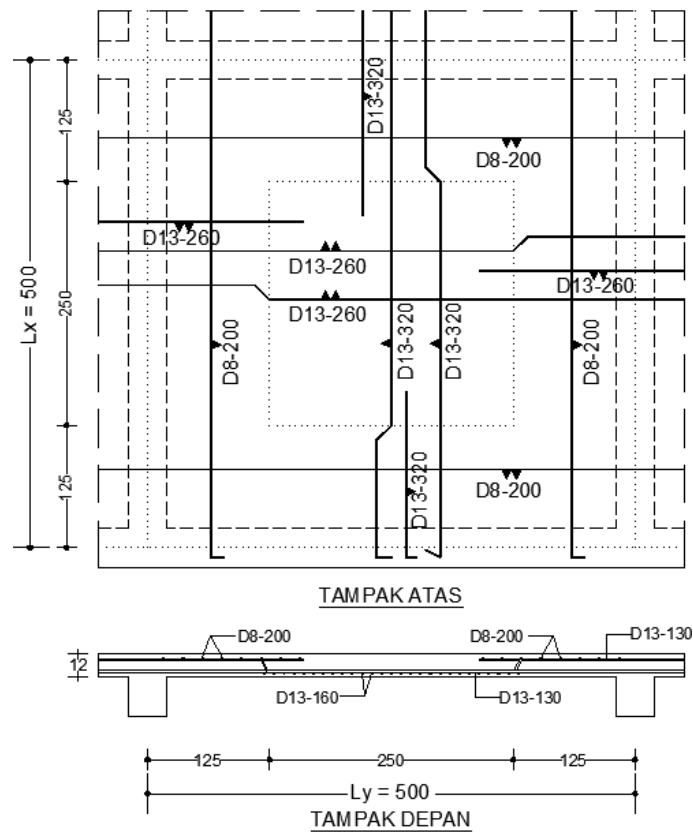
Gambar 1. Rangka atap *truss frame*

3.2. Perencanaan Plat Lantai dan Tangga

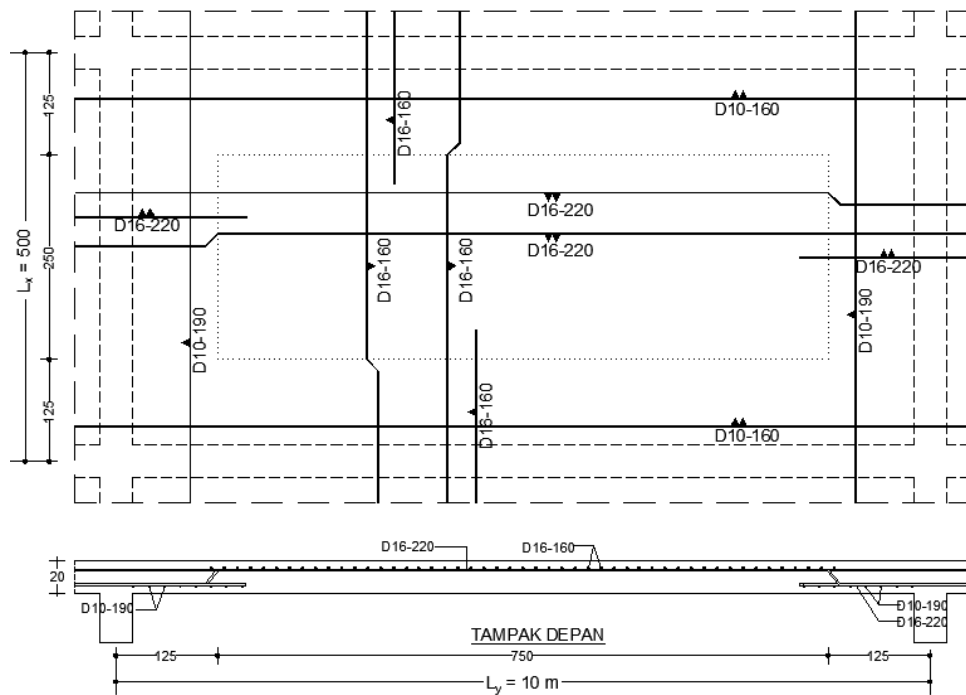
- 1). Pelat atap tebal 120 mm digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 300$ MPa dengan tulangan pokok D10 dan tulangan bagi D8. Jumlah seluruh plat lantai atap dengan masing-masing penulangannya ada 7 buah. Gambar penulangan dicontohkan pada plat lantai A1.
- 2). Pelat lantai tebal 120 mm digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 300$ MPa dengan tulangan pokok D13 dan tulangan bagi D8. Jumlah seluruh plat lantai bangunan dengan masing-masing penulangannya ada 15 buah. Gambar penulangan dicontohkan pada plat lantai B1.
- 3). Pelat lantai *basement* tebal 200 mm digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 300$ MPa dengan tulangan pokok D16 dan tulangan bagi D10. Jumlah seluruh plat lantai *basement* dengan masing-masing penulangannya ada 3 buah. Gambar penulangan dicontohkan pada plat *basement* C1.



Gambar 2. Penulangan plat lantai A1

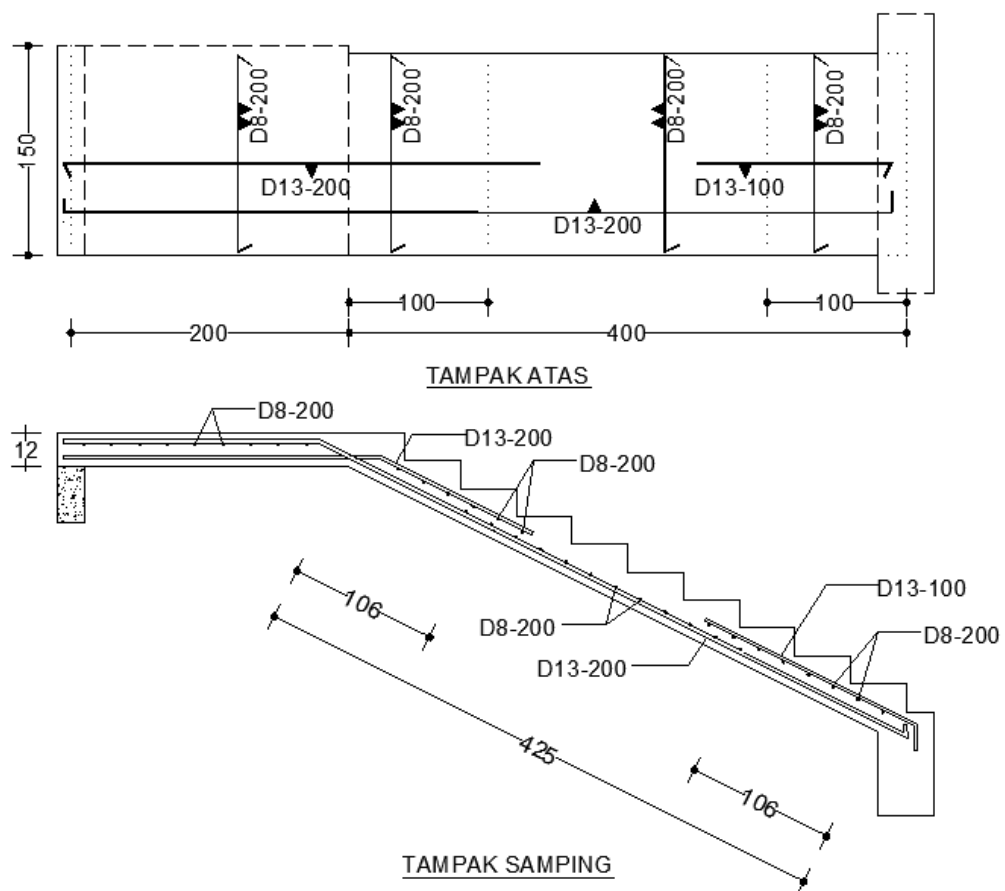


Gambar 3. Penulangan plat lantai B1



Gambar 4. Penulangan plat lantai C1

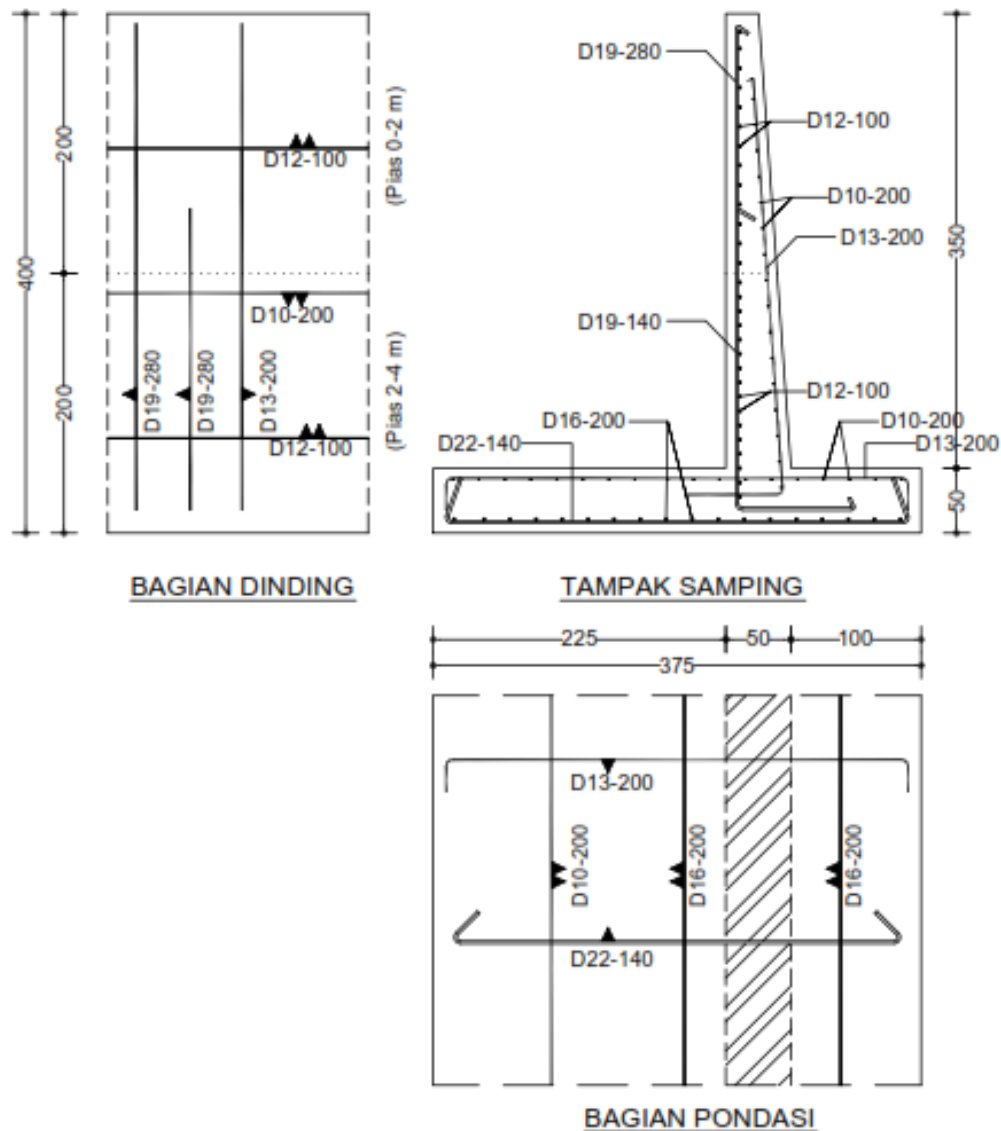
- 4). Pelat tangga tebal 120 mm digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 300$ MPa dengan tulangan pokok D13 dan tulangan bagi D8.



Gambar 5. Penulangan plat tangga (bawah)

3.3. Perencanaan Dinding Penahan (Kantilever)

Dinding penahan tanah tipe kantilever pada lantai *basement* digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 350$ MPa dengan tulangan pokok D22, D19, tulangan bagi D16, D12, dan tulangan susut D13 dan D10.

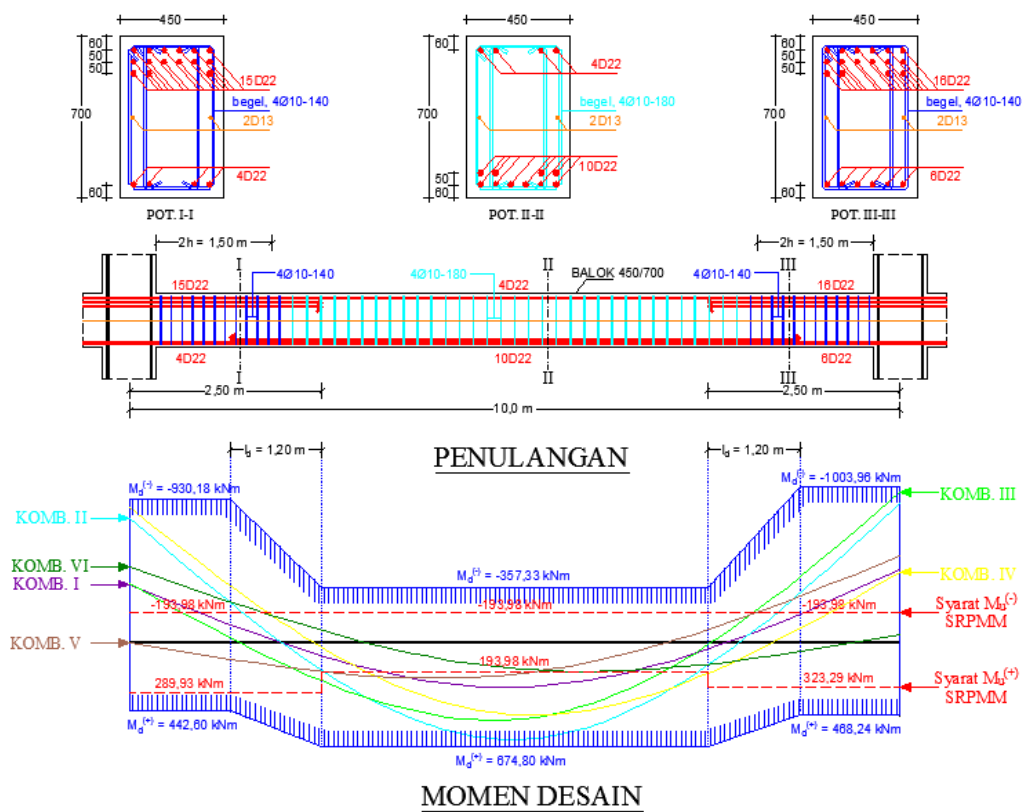


Gambar 6. Penulangan dinding penahan kantilever

3.4. Perencanaan Struktur Utama

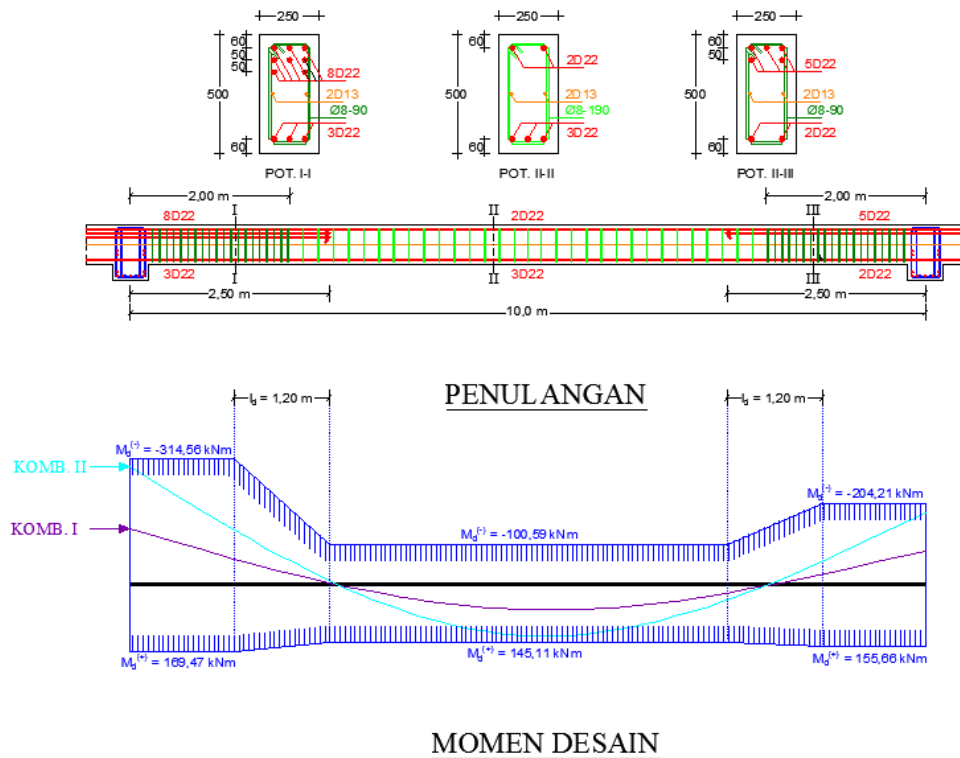
Perencanaan portal gedung digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 350$ MPa untuk tulangan longitudinal serta $f_{yt} = 240$ MPa untuk tulangan begel.

- 1). Balok induk digunakan tulangan longitudinal D22 dan tulangan geser Ø10. Dimensi balok ada 3 jenis yaitu 400/600, 450/700, dan 450/750. Jumlah seluruh balok dengan masing-masing penulangannya ada 30 buah. Gambar penulangan dicontohkan pada balok B_299.



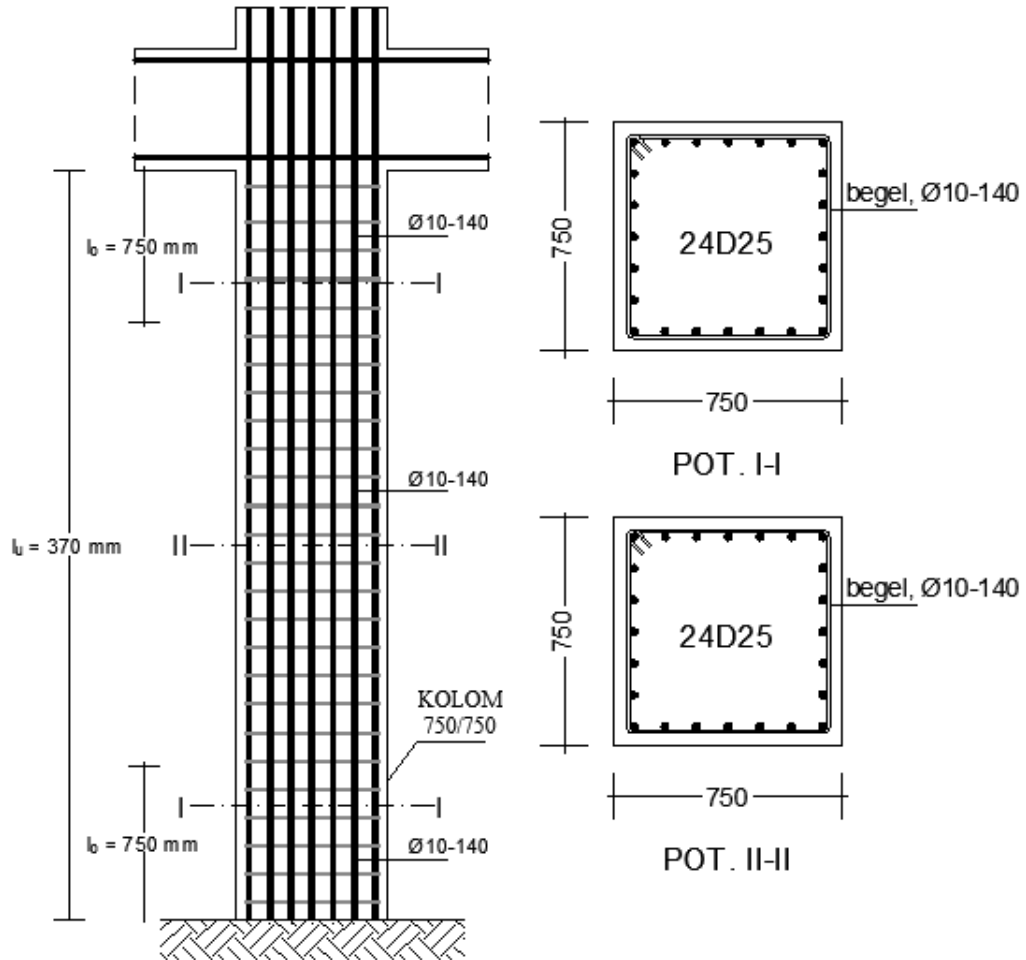
Gambar 7. Penulangan balok B_299

- Balok anak pada setiap lantai digunakan dimensi 250/500 dengan tulangan longitudinal D22 dan tulangan geser Ø8. Gambar penulangan dicontohkan pada balok A_10.



Gambar 8. Penulangan balok A_10

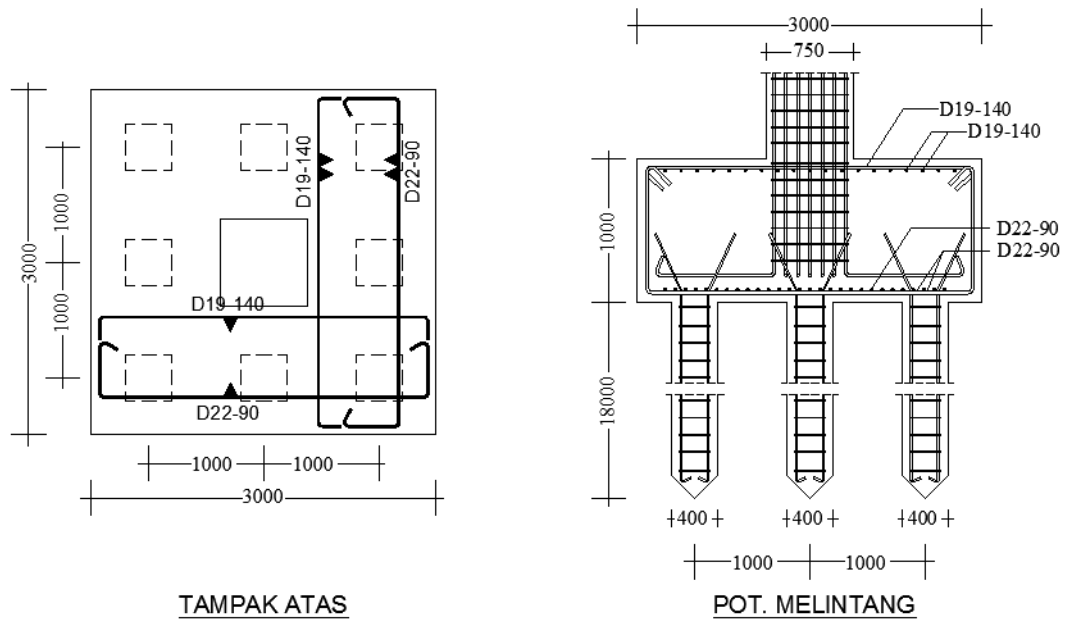
- 3). Kolom digunakan tulangan longitudinal D25 dan tulangan geser $\varnothing 10$. Dimensi kolom lantai *basement* dan 1 adalah 750/750 mm, kolom lantai 2 sampai dengan lantai 5 adalah 650/650 mm. Jumlah seluruh kolom beserta penulangannya ada 8 buah. Gambar penulangan dicontohkan pada kolom K_205.



Gambar 9. Penulangan kolom K_205

3.5. Perencanaan Fondasi

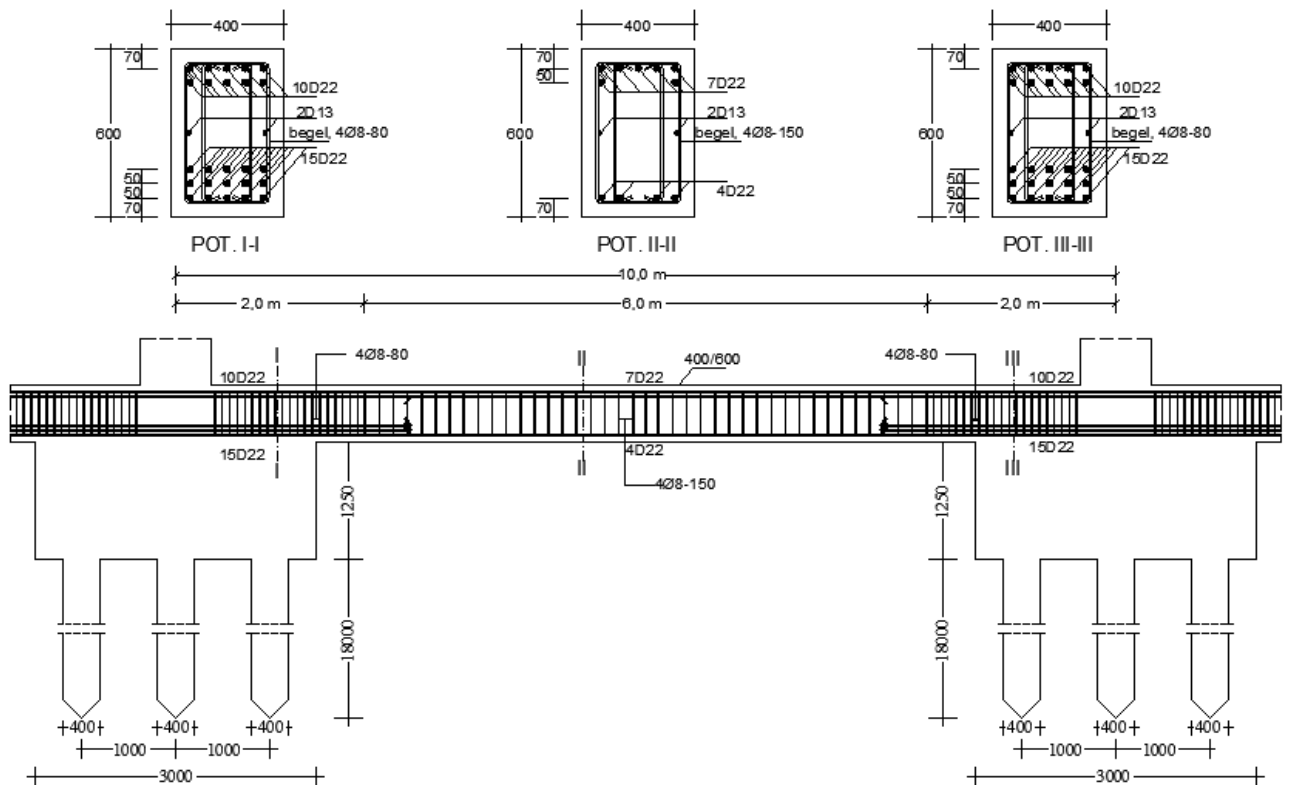
Fondasi digunakan tipe tiang pancang persegi pracetak produksi PT WIKA BETON ukuran 400/400 mm dengan panjang 6 m. Tanah keras berada pada kedalaman $\pm 18,00$ m. Seluruh *pile cap* fondasi dipakai ketebalan 1250 mm dengan tulangan pokok D22 dan tulangan bagi D19. Mutu beton yang dipakai $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 350$ MPa serta $f_{yt} = 240$ MPa. Jumlah seluruh jenis fondasi beserta penulangannya ada 3 buah, antara lain fondasi F1, F2, dan F3. Gambar penulangan dicontohkan pada fondasi F1.



Gambar 10. Penulangan fondasi F1

3.6. Perencanaan Sloof

Sloof digunakan beton dengan mutu $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 350$ MPa serta $f_{yt} = 240$ MPa. Dimensi *sloof* yang digunakan 400/600 mm dengan tulangan longitudinal D22 serta tulangan begel Ø8. Jumlah seluruh jenis *sloof* beserta penulangannya ada 4 buah. Gambar penulangan dicontohkan pada tipe *sloof* C_07.



Gambar 11. Penulangan *sloof* C_07

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan perhitungan Struktur Gedung *Mall* 5 lantai dengan 1 *basement* di kota Surakarta dengan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1). Perencanaan struktur rangka atap (*truss*).
 - a). Gording digunakan profil *lip channel* C 100x50x20x3,2 dengan mutu BJ37 dan jarak antar gording 1,25 m.
 - b). Kontruksi rangka kuda-kuda digunakan profil pipa *hollow* dengan mutu BJ37. Profil pipa *hollow* 114,3x3,6 untuk batang atas dan bawah, profil pipa *hollow* 60,5x3,2 untuk batang diagonal, dan profil pipa *hollow* 76,3x3,2 untuk batang vertikal.
 - c). Sambungan rangka kuda-kuda menggunakan las elektroda E⁷⁰ dengan tebal rigi las 5 mm.
- 2). Perencanaan struktur plat lantai, tangga, dan dinding penahan.
 - a). Pelat atap tebal 120 mm digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 300$ MPa dengan tulangan pokok D10 dan tulangan bagi D8.
 - b). Pelat lantai tebal 120 mm digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 300$ MPa dengan tulangan pokok D13 dan tulangan bagi Ø8.
 - c). Pelat lantai *basement* tebal 200 mm digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 300$ MPa dengan tulangan pokok D16 dan tulangan bagi D10.
 - d). Pelat tangga tebal 120 mm digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 300$ MPa dengan tulangan pokok D13 dan tulangan bagi D8.
 - e). Dinding penahan tanah tipe kantilever pada lantai *basement* digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 350$ MPa dengan tulangan pokok D22 dan tulangan bagi D16.
- 3). Perencanaan struktur utama gedung dengan SRPMM

Pada perencanaan portal gedung digunakan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 350$ MPa serta $f_{yt} = 240$ MPa.

 - a). Balok induk digunakan tulangan longitudinal D22 dan tulangan geser Ø10. Dimensi balok ada 3 jenis yaitu 400/600, 450/700, dan 450/750.
 - b). Balok anak pada setiap lantai digunakan dimensi 250/500 dengan tulangan longitudinal D22 dan tulangan geser Ø8.

- c). Kolom digunakan tulangan longitudinal D25 dan tulangan geser Ø10. Dimensi kolom lantai *basement* dan 1 adalah 750/750 mm, kolom lantai 2 sampai dengan lantai 5 adalah 650/650 mm.
- 4). Perencanaan struktur bawah.

Struktur bawah terdiri dari fondasi dan *sloof* yang direncanakan dengan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan mutu baja $f_y = 350$ MPa serta $f_{yt} = 240$ MPa.

 - a). Fondasi menggunakan tiang pancang penampang persegi 400/400 mm dengan panjang per tiang 6 m. Kedalaman tiang pancang hingga tanah keras adalah 18,00 m dari muka tanah asli.
 - b). Fondasi menggunakan *pile cap* dengan tebal 1250 mm dengan tulangan pokok D25 dan tulangan bagi D22.
 - c). *Sloof* dipakai dimensi 400/600 mm dengan tulangan longitudinal D22 serta tulangan begel Ø8.

4.2. Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur beton bertulang untuk gedung bertingkat pada tugas akhir ini penulis mencoba memberikan saran diantaranya sebagai berikut :

- 1). Dalam perencanaan struktur harus digunakan pedoman baku yang umumnya berlaku supaya diperoleh hasil perencanaan yang aman dan struktur dapat berperilaku seperti asumsi yang direncanakan.
- 2). Beban akibat gempa merupakan faktor yang paling dominan dalam perencanaan struktur gedung bertingkat jika berada di wilayah yang rawan terjadi gempa.
- 3). Semakin berat struktur gedung bertingkat maka gaya gempa yang terjadi akan semakin besar, jadi diupayakan menggunakan bahan material yang ringan dalam mendesain gedung bertingkat.
- 4). Untuk menghasilkan desain gedung bertingkat yang mampu menerima beban gempa dengan baik maka bentuk dan denah gedung sebaiknya diusahakan beraturan dan simetris di semua sisinya.
- 5). Dalam mendesain bangunan bertingkat diusahakan supaya panjang bentangan balok sama untuk meminimalisir terjadinya beban torsi yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 2017. *Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*, Muhammadiyah University Press (MUP), Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2018. *Teori dan Desain Kolom Fondasi Balok "T" Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*, Muhammadiyah University Press (MUP), Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2015. *Struktur Beton Lanjut Sesuai SNI 2847-2013*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2002*, Dinas Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2012*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2013*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, SNI 1727:2013*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Rochman, A., 2018. *Dasar – Dasar Perencanaan Struktur Baja, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta*, Surakarta.
- Rochman, A., 2018. *Perencanaan Struktur Baja, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta*, Surakarta.
- Nawangalam, Purbolaras., 2011. *Belajar SAP2000 Seri 1*, Zamil Publishing, Yogyakarta.
- Nawangalam, Purbolaras., 2011. *Belajar SAP2000 Seri 2*, Zamil Publishing, Yogyakarta.
- Pamungkas, A dan Harianti, E., 2009. *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITS Press, Surabaya.
- Sumadi, D., 2018. *Perencanaan Struktur Gedung Kampus 6 Lantai + 1 Basement Di Sukoharjo Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.